

PRV

PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET
Patentavdelningen

Rec'd PCT/PTO 09 JUL 2004

REC'D 23 JAN 2003

WIPO

PCT

PCT/SE 02, 02406

Intyg Certificate



Härmed intygas att bifogade kopior överensstämmer med de handlingar som ursprungligen ingivits till Patent- och registreringsverket i nedannämnda ansökan.

This is to certify that the annexed is a true copy of the documents as originally filed with the Patent- and Registration Office in connection with the following patent application.

(71) Sökande Leijon Engineering AB, Västra Frölunda SE
Applicant (s)

(21) Patentansökningsnummer 0200064-4
Patent application number

(86) Ingivningsdatum 2002-01-10
Date of filing

Stockholm, 2003-01-08

För Patent- och registreringsverket
For the Patent- and Registration Office

Lina Oljeqvist
Lina Oljeqvist

Avgift
Fee

BEST AVAILABLE COPY

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

PATENT- OCH
REGISTRERINGSVERKET
SWEDEN

Postadress/Adress
Box 5055
S-102 42 STOCKHOLM

Telefon/Phone
+46 8 782 25 00
Vx 08-782 25 00

Telex
17978
PATOREG S

Telefax
+46 8 666 02 86
08-666 02 86

ELEKTRISK ANORDNING OCH FÖRFARANDE

Uppfinningens område

Föreliggande uppfinning hänför sig ur en första aspekt till ett vindkraftaggregat av ett slag som innefattar en vindturbin och en med vindturbinen förbunden elektrisk generator, vilken generators stator har en lindning innefattande en högspänningskabel, vilken kabel innefattar en kärna av ledande material, ett kärnan omslutande första skikt av halvledande material, ett det första skiktet omslutande isolerande skikt av fast material och ett det isolerande skiktet omslutande andra skikt av halvledande material.

Ur en andra aspekt hänför sig uppfinningen till ett vindkraftverk innefattande ett flertal vindkraftaggregat enligt uppfinningen.

Ur en tredje aspekt hänför sig uppfinningen till användning av det upfunna vindkraftaggregatet för att producera elektrisk ström.

Ur en fjärde aspekt slutligen hänför sig uppfinningen till ett förfarande för att generera elektrisk ström vid vilket anordnas en vindturbin och en elektrisk generator förbundna med varandra, och generators stator lindas med en högspänningskabel, vilken kabel innefattar en kärna av ledande material, ett kärnan omslutande första skikt av halvledande material, ett det första skiktet omslutande isolerande skikt av fast material och det isolerande skiktet omslutande andra skikt av halvledande material.

Uppfinningens bakgrund

Utvinning av vindenergi har varit känd i årtusenden. Att utnyttja vindkraft för generering av elektrisk ström är också känt sedan länge, i princip ända sedan den elektriska generatoren såg dagens ljus.

Vindkraften har dock haft svårigheter att framgångsrikt konkurrera ekonomiskt med andra energikällor för elenergiproduktion. Vindkraftens utnyttjande hänför har länge varit begränsad till lokal energiförsörjning och försöksanläggningar. Även om kommersiell produktion av vindkraftbaserad elenergi till näten vuxit fram kraftigt under de senaste decennierna är dess andel av den totala elenergiproduktionen fortfarande mycket marginell.

Med hänsyn till den stora mängd energi som finns potentiellt tillgänglig i vindkraften och med hänsyn till olika nackdelar som är förknippade med elenergi-produktion från andra slag av energikällor är det angeläget att skapa förutsättningar för en ökad mängd kommersiellt konkurrenskraftig produktion av elenergi baserad på vindkraft.

Det är därför inte förvånande att det har föreslagits många olika principer och konstruktioner för vindturbiner. Ansträngningarna har i stor utsträckning varit inriktade på att utforma själva turbinen på ett optimalt sätt. Viktigt är dock att beakta helheten, dvs. inte bara turbinens aerodynamik utan även den mekaniska rörelseöverföringen till generatorm och generatorns utformning och framför allt samspelet mellan komponenterna i dessa steg i energiomvandlingen.

Ett framsteg i det avseendet representeras av det vindkraftverk som beskrivs i WO99/29025. Där beskrivs ett vindkraftaggregat vars generator är försedd med en statorlindning som medger höga inducerade spänningar, upp till 50 kV. Därmed kan generatorm leverera ström till ett elnät utan mellanliggande transformator. Detta är möjligt genom det speciella utförandet av statorlindningen där en ledande kärna är omsluten av ett första skikt av halvledande material. Detta omsluts av ett isolerande skikt av fast material, vilket är omslutet av ett andra halvledande skikt av halvledande material. Denna typ av lindning i en elektrisk turbo-generator är tidigare beskriven i WO97/45924.

Med den i WO99/29025 beskrivna generatorm möjliggörs en förbättring i totalekonomin hos ett vindkraftaggregat av i övrigt konventionellt slag, dvs. med en turbin med horisontell axel, där turbinen är av propellertyp. Sålunda elimineras behovet av transformator. Vindturbiner med horisontell axel är den i närmaste allområdena konstruktionen f.n.

Vid sidan om dessa har även förslagits vindturbiner med vertikal axel såsom exempelvis beskrivs i US 6 320 273. Sådana har dock ej kommit i kommersiellt bruk utan har kvarblivit på konstruktionsstadiet men finns i några få fall förverkligade som försöksanläggningar.

Ett avgörande skäl till att vertikalaxlade vindturbiner ej kommit till användning på allvar är att det ej går att kontrollera effekten genom att på ett enkelt sätt vrida turbinbladet. Detta kräver att dess generator måste förses med överbelastningskontroll eller att generatorm måste dimensioneras så stor att den kan ta emot

de höga effekterna. Genom denna begränsning blir det ej möjligt att utnyttja den energi som finns tillgänglig i vind av hög hastighet.

5 Tillsammans med andra nackdelar såsom lågt förhållande mellan turbinens periferihastighet och vindhastigheten och låg effektkoefficient, dvs. förhållandet mellan utnyttjningsbar effekt och teoretisk vindeffekt, har detta gjort att vertikalexlade turbiner hitintills ej setts som ett realistiskt alternativ.

Dock har även horisontalexlade vindturbiner en del brister. Generatoren måste endera anordnas högt uppe i masten i turbinens nav, vilket fördyrar konstruktionen eller så måste en vinkelväxel anordnas i navet, vilket också innebär 10 en kostnad och som dessutom medför verkningsgradsförluster. En konventionell vindturbin erfordrar vidare en anordning för vridinställning av aggregatet i beroende av vindriktning. Hos en turbin av propellertyp tillgodogörs vindens kraft optimalt i endast i området av turbinens periferiellt yttre områden och konstruktionen är i princip tvådimensionell så att vindenergin ej utnyttjas i djupled.

15 Ändamålet med föreliggande uppfinning är mot den ovan beskrivna bakgrunden att söka utnyttja de fördelar som är förknippade med en generator med statorlindning av det slag som beskrivs i WO97/45924 i ett vindkraftaggregat på ett sådant sätt att vindkraftaggregatet blir enkelt, billigt och förmår generera en förhållandevis stor mängd elenergi i relation till den potentiellt tillgängliga.

20

Redogörelse för uppfinningen

Det uppställda ändamålet har enligt uppfinningens första aspekt ernåtts genom att ett vindkraftaggregat av det i patentkravets 1 ingress angivna slaget innefattar de speciella särdragen att vindturbinen är av ett slag som innefattar ett 25 flertal i huvudsak vertikalt förlöpande turbinblad förbundna med en i huvudsak vertikalt förlöpande turbinaxel och att generatoren är anordnad vid turbinens nedre del.

Uppfinningen innebär således att en generator med den speciella, i och för sig förut kända, statorlindningen tillämpas vid en i och sig förut känd typ av vindturbin, varvid tillämpningen i ett sådant sammanhang medför att denna vindturbin- 30 typ, som på grund av skäl som angetts ovan ej ansetts vara ett praktiskt realiserbart alternativ, ges förutsättningar att bli konkurrenskraftig i förhållande till konventionella vindkraftaggregat tack vare att några av dess avgörande nackdelar därmed har kunnat elimineras.

Användningen av den speciella kabellindningen just för en vertikalaxlad turbin medför att dess fördelar tas till vara på ett optimalt sätt. Vid ett konventionellt vindkraftaggregat med sådan lindning är denna lindningstyps fördelar utnyttjade i mycket begränsad utsträckning och ej ur de i sammanhanget mest betydelsefulla aspekterna.

Centralt för uppfinningen är därvid insikten att den speciella kabellindningens förmåga att ta emot en mycket hög inducerad spänning i statorlindningen öppnar möjlighet att undanröja de hinder som gjort att vertikalaxlade turbiner ej hittills kunnat utgöra ett seriöst alternativ till de konventionella, horisontalaxlade turbinerna. Sålunda medger utnyttjandet av den speciella kabellindningen att en vertikalaxlad vindturbin kan tillåtas vara i drift även vid höga vindstyrkor. Genom att kabeln kan induceras med hög spänning utgör den höga vindeffekten vid högre vindstyrkor ej något problem. Generatoren kan överbelastas markant under förhållandevis långa perioder utan något problem med värmeutveckling tack vare denna möjlighet att gå upp i spänning. Genom att skapa möjlighet att på detta sätt fullt ut utnyttja vindenergin även vid höga vindstyrkor öppnas ett hittills föga utnyttjat område för elenergiproduktion. Den tillgängliga effekten hos vinden är i stort sett proportionell mot tredje potensen av vindhastigheten. Ett vindkraftaggregat som möjliggör att fullt ut utnyttja effekten från hårda vindar kan därför leverera en förhållandevis stor mängd energi och därmed uppnå en mycket hög ekonomisk verkningsgrad, dvs. kWh/kr. Speciellt på platser med ofta förekommande stark vind såsom t.ex. bergformationer och till havs kan det uppfunna vindkraftaggregatet bli mycket konkurrenskraftigt.

Genom att det uppfunna vindkraftaggregatet eliminerar de nackdelar som är förknippade med horisontalaxlade vindturbiner och de nackdelar som förhindrat att vertikalaxlade turbiner hittills kunnat bli ett realistiskt alternativ skapas förutsättningar att generera vindkraftbaserad elenergi på ett mer ekonomiskt och rationellt sätt än vad som tidigare varit möjligt.

Det uppfunna vindkraftaggregatet kommer att ha förhållandevis få reglerbara delar och få rörliga komponenter, vilka ytterligare bidrar till en god totalekonomi. Dels minskar behovet av reparationer och underhåll, dels kan investeringskostnaden därmed bli lägre jämfört med konventionella vindkraftaggregat. En annan följd av detta är att den tekniska livslängden kan bli avsevärt förlängd utöver

de ca 15 år som är normalt för vindkraftaggregat. Detta tillsammans med den höga verkningsgraden bidrar till att det uppfunna vindkraftaggregatet skapar helt nya förutsättningar för produktion av elenergi genom vindkraft.

Enligt en föredragen utföringsform av det uppfunna vindkraftaggregatet är
5 generatorm anordnad att kunna vara i drift under lång tid med en effekt som är flera gånger större än märkeffekten, företrädesvis 3-5 gånger märkeffekten.

Genom att sålunda utnyttja lindningstypens förmåga att arbeta med hög spänning och i övrigt dimensionera generatorm i anpassning härtill kommer inte värmeutveckling vid sådan överbelastning att utgöra någon begränsning. Denna
10 utföringsform tillvaratar denna möjlighet, så att vindturbinen kan ge en effekt som det eljest skulle krävas en avsevärt mycket större konventionell generator för att ta hand om. Sålunda kan en effekt på i storleksordningen 5 MW uppnås utan problem.

Enligt ytterligare en föredragen utföringsform är lindningen anordnad för
15 en fältstyrka överstigande 10 kV/mm.

Detta bidrar ytterligare att medge att generatorm kan matas med hög effekt för vindturbinen.

Enligt ytterligare en föredragen utföringsform är vindturbinen mekaniskt dimensionerad för drift i vindstyrka över 13 m/s med samma turbinbladsinställning
20 som vid lägre vindstyrkor.

Genom att generatorm är sådan att den utan problem kan matas med effekt från vindstyrkor av denna nivå så är det ändamålsenligt att dimensionera även vindturbinen för detta. Fördelarna med det uppfunna vindkraftaggregatet tas därmed i största möjliga mån till vara.

Enligt ytterligare en föredragen utföringsform är vindturbinen mekaniskt dimensionerad för drift i vindstyrkor över 25 m/s.
25

Detta är en nivå där konventionella vindkraftaggregat normalt måste stängas av helt och hållet. Ehuru kostnaden för vindturbinen naturligtvis ökar när den dimensioneras på detta sätt så kan det i vissa fall ändå vara motiverat med
30 hänsyn till att generatorm enligt uppfinningen klarar detta utan problem. Detta gäller speciellt för vindkraftaggregat som placeras där höga vindstyrkor ofta är förekommande.

Enligt ytterligare en föredragen utföringsform är generatorns rotor försedd med permanentmagneter.

Detta är ett utförande som i det aktuella sammanhanget är gynnsamt såväl ur kostnads- som driftsäkerhetssynpunkt.

5 Enligt ytterligare en föredragen utföringsform innefattar generatorn en självstartlindning.

En nackdel med konventionella vertikalaxlade vindturbiner är att de ej i sig är självstartade. Genom anordnande av en självstartlindning elimineras denna nackdel på ett enkelt och ändamålsenligt sätt.

10 Enligt ytterligare en föredragen utföringsform är generatorns huvudlindning anordnad att medge startning av aggregatet.

Detta alternativ för startning utnyttjar den speciella lindningens fördelar som underlättar dess användning i motorfunktion.

Enligt en föredragen utföringsform av det uppfunna vindkraftaggregatet är 15 även generatorns rotoraxel i huvudsak vertikal och koncentrisk med turbinaxeln. Därmed elimineras behovet av en vinkelväxel med de förluster som en sådan medför.

Enligt ytterligare en föredragen utföringsform innefattar aggregatet ett fundament anordnat under generatorn, på vilket fundament generatorns rotoraxel är 20 lagrad.

Detta utförande ger ett stabilt uppbärande av rotorn och skapar gynnsamma lagringsbetingelser med små förluster.

Enligt ytterligare en föredragen utföringsform är axiallagret dimensionerat att uppbära såväl generatorrotorns tyngd som vindturbinens tyngd.

25 Detta medger att mast eller stativ för vindturbinen kan utföras klenare och därmed billigare eller att behovet av sådan(t) helt kan elimineras.

Enligt ytterligare en föredragen utföringsform bärs vindturbinens tyngd i huvudsak upp av turbinaxeln, vilken axel därmed även har funktionen att utgöra mast för aggregatet.

30 Genom att på detta sätt helt eliminera behovet av mast eller annan extra bärande konstruktion utöver själva axeln blir antalet komponenter för att bygga upp aggregatet reducerat. I många sammanhang kan ett sådant aggregat bli såväl enklare och billigare som mindre underhållskrävande.

Enligt ytterligare en föredragen utföringsform är turbinaxelns övre del lagrad i minst ett radiallager som är fixerat i sidled av snedriktade stag och/eller staglinor.

5 Ett sådant utförande medger ett enkelt sätt att åstadkomma radiallagringen för turbinaxelns övre del. Speciellt fördelaktig är denna konstruktion då turbinaxeln såsom ovan beskrivits även utgör mast för aggregatet. Ett så utformat aggregat blir mycket enkelt till sin uppbyggnad.

Enligt ytterligare en föredragen utföringsform är turbinaxeln ledad vid sin nedre del.

10 Att turbinaxeln på detta sätt är försedd med en led medför att då aggregatet pga. hård vind tenderar att böja sig så kommer böjkraften ej att överföras till turbinaxelns nedre del. Därmed kan dess radiallagring göras förhållandevis liten med åtföljande kostnadsbesparing.

Enligt ytterligare en föredragen utföringsform uppvisar turbinbladen asymmetrisk profil i ett horisontellt tvärsnitt.

En asymmetrisk profil skapar förutsättningar att optimera vindens vindkraft på bladen så att en hög effektkoefficient erhålles.

Enligt ytterligare en föredragen utföringsform är turbinbladens profil reglerbar under drift.

20 Genom att vardera turbinblad då det roterar kommer att ha olika vinkel i förhållande till vindriktningen är bladets optimala profil olika i olika positioner under varvet. Reglerbarheten möjliggör en anpassning till detta förhållande så att vindens vridande kraft på turbinen blir så stor som möjligt. Genom reglerbarheten kan dessutom en anpassning till olika vindstyrkor optimeras.

25 Ovan angivna föredragna utföringsformer av det uppfunna vindkraftaggregatet anges i de av patentkravet 1 beroende patentkraven.

30 Det uppfunna vindkraftaggregatet är väl lämpat att sammankopplas med ett flertal liknande aggregat för bildande av ett vindkraftverk. Uppfinningens andra aspekt avser således ett sådant vindkraftverk varvid vardera vindkraftaggregats statorlindning via en strömbrytare och en likriktare är ansluten till en växelriktare som är gemensam för ett flertal vindkraftaggregat, vilken växelriktare är anordnad att leverera energi till ett elnät.

Med det uppfunna vindkraftverket anvisas en praktisk realiserbar lösning till ett system för att i större skala producera elenergi med aggregat av det uppfunna slaget och därvid tillgodogöra sig de fördelar dessa medför.

Ur uppfinningens tredje aspekt ernås det uppställda ändamålet genom att
5 använda det uppfunna vindkraftaggregatet eller det uppfunna vindkraftverket för att generera elektrisk energi, varvid fördelar av motsvarande slag som anges ovan visas.

Det uppställda ändamålet ernås ur uppfinningens fjärde aspekt genom att ett förfarande av det i patentkravets 25 ingress angivna slaget innefattar de speci-
10 ella åtgärderna att vindturbinen förses med ett flertal i huvudsak vertikalt förlöpande turbinblad vilka förbinds med en turbinaxel som orienteras i huvudsak vertikalt och att generatorm anordnas vid turbinaxelns nedre del.

Enligt föredragna utföringsformer av det uppfunna förfarandet utövas det under utnyttjande av det uppfunna vindkraftaggregatet och de föredragna utfö-
15 ringsformerna av detta.

Därmed vinnes fördelar av motsvarande slag som angetts ovan för vindkraftaggregatet och dess föredragna utföringsformer.

Med i huvudsak vertikalt förlöpande turbinblad avses i denna patentansökan att respektive turbinblad har sin huvudsakliga utsträckning i vertikalled hela ti-
20 den. Bladets sträckning från ändarna kan endera vara i huvudsak rätlinjig eller följa en båglinje. Således innefattas en vindturbin med s.k. Darrieus-rotor såväl som sådan med s.k. H-rotor.

Uppfinningen förklaras närmare genom efterföljande detaljerade beskrivning av fördelaktiga utföringsformer av uppfinningen under hänvisning till medföl-
25 jande ritningar.

Kort figurbeskrivning

- Fig. 1 är en schematisk sidovy av ett vindkraftaggregat enligt uppfinningen.
Fig. 2 är ett tvärsnitt genom kabeln i statorlindningen enligt uppfinningen.
30 Fig. 3 är ett diagram illustrerande möjligt effektuttag med ett vindkraftaggregat enligt uppfinningen.
Fig. 4 är ett tvärsnitt genom ett turbinblad hos ett vindkraftaggregat enligt ett första utföringsexempel av uppfinningen.

Fig. 5 är ett tvärsnitt genom ett turbinblad hos ett vindkraftaggregat enligt ett andra utföringsexempel av uppfinningen.

Fig. 6 är ett schema som illustrerar sammankopplingen av ett flertal aggregat till ett vindkraftverk.

5 Fig. 7 illustrerar i en perspektivvy ett andra utföringsexempel av ett vindkraftaggregat enligt uppfinningen.

Fig. 8 illustrerar i en sidovy ett tredje utföringsexempel av ett vindkraftaggregat enligt uppfinningen.

Fig. 9 illustrerar ett havsbaserat vindkraftverk enligt uppfinningen.

10 Fig. 10 visar ett alternativt likriktningsexempel.

Beskrivning av fördelaktiga utföringsexempel

Den i fig. 1 illustrerade vindturbinen är en H-rotor. En sådan har en vertikal
15 turbinaxel 1 och ett antal vertikala i huvudsak rätlinjiga turbinblad 2a, 2b. I det visade exemplet har turbinen två stycken blad med den kan alternativt ha tre eller flera blad. Vardera blad 2a, 2b är genom stag 3a, 3b stelt förbundet med turbinaxeln 1.

Turbinaxeln är vid sin övre del lagrad i ett radiallager 5 uppburet av stag
20 7a, 7b. Antalet stag bör vara minst tre stycken. Stagen kan vara linor eller stela stag.

Turbinaxeln 1 nedre ände är vridfast förbunden med rotorn 8 till en elektrisk generator 10 och utgör således även rotoraxel. Rotorn 8 är axiellt lagrad i ett
bärlager 11 på ett fundament 12 anordnat på marken eller en havsyta. Bärlagret
25 11 är dimensionerat att kunna uppbära såväl rotorns 8 tyngd som tyngden av vindturbinen.

I det i fig. 1 visade exemplet är turbinaxeln således i sig själv bärande för vindturbinen. Alternativt kan axeln vara innesluten i en mast eller annat slag av stativ som bär upp turbinens tyngd, varvid turbinaxeln kan dimensioneras enbart
30 för överföringen av vridmomentet och således utföras klenare.

Generators 10 stator 9 är försedd med en lindning 15 av högspänningskabel varav endast ett par lindningsvarv är markerade i figuren. Kabeln beskrivs närmare nedan i anslutning till fig. 2.

Turbinaxeln 1 är vid sin nere ände försedd med en led 13 av universaltyp. Dess nedanför leden belägna del som utgör rotoraxeln är klenare och lagrad i ett radiallager 14. Genom leden 13 åstadkommes att böjning av turbinaxeln 1 till följd av stark vind ej kommer att belasta radiallagret 14.

5 Generatorm 10 är försedd med en startlindning 16 för självstart av aggregatet. Alternativt kan en separat motor användas för detta eller så kan generatorns huvudlindning 15 användas för att starta turbinen.

Generators lindning består av en högspänningskabel 15 som illustreras i fig. 2 med ett tvärsnitt genom kabeln. Den består av en kärna med en eller flera
10 kardeler 31 av elektrisk ledare t.ex. koppar. Kärnan omsluts av ett inre halvledande skikt 32. Utanför detta är anordnat ett skikt av fast isolation 33, t.ex. PEX-isolation. Kring isolationen är anordnat ett yttre halvledande skikt 34. Vardera av de halvledande skikten bildar en ekvipotentialyta. För närmare förståelse av en generator försedd med denna typ av lindning hänvisas till den inledningsvis nämnda
15 WO97/45924.

I fig. 3 illustreras schematiskt hur den i vinden tillgängliga effekten P varierar med vindhastigheten v . Effekten är i stort sett proportionell mot tredje potensen av vindhastigheten. För hastigheten under 4 m/s är effekten normalt så liten att det saknar intresse för att utnyttjas för elgenerering. Över 13 m/s blir effekten så stor
20 att ett vindkraftverk med konventionell generator blir överbelastad. Det har därför varit nödvändigt att begränsa effektuttaget vid högre hastigheter till effekten P_1 motsvarande 13 m/s. För en vertikalaxlad vindturbin är det svårt att på ett rimligt sätt åstadkomma effektbegränsning, vilket gör att en sådan ej kan användas vid höga vindstyrkor. Detta är som nämnts ovan ett av skälen att sådana ej kommit till
25 användning.

Med vindkraftaggregatet enligt uppfinningen där statorn är lindad med högspänningskabel finns ej längre någon sådan begränsning. Effektuttag kan därför göras i enlighet med den streckade kurvan eftersom kabeln tål att utsättas för
30 mycket höga spänningar och eftersom den långvarigt kan överbelastas. Det övre området blir därmed tillgängligt för utnyttjande. Speciellt i områden med ofta förekommande stark vind kan därför ett vindkraftaggregat enligt uppfinningen generera avsevärt större mängd elenergi än ett konventionellt aggregat.

Ju högre vindens hastighet är desto mer ökar turbinens varvtal. Den därav resulterade effekttökningen leder till att endast spänningen ökar i lindningen enligt sambandet $U = -n \cdot \frac{d\phi}{dt}$ där n är varvtalet och $\frac{d\phi}{dt}$ är induktionen beroende av rotationen.

5 Fig. 4 illustrerar i ett tvärsnitt profilen hos ett av turbinbladen 2 vid ett exempel på en vindturbin enligt uppfinningen. I detta utförande är profilen symmetrisk och fast.

Fig. 5 illustrerar i ett tvärsnitt profilen hos ett av turbinbladen 2' vid alternativt exempel på en vindturbin enligt uppfinningen. I detta fall är profilen asymmetrisk. Bladet 2' har en nosdel 26 som är rörlig i förhållande till en stationär del 27 av bladet 2'. Den stationära delen 27 har en främre konvex cylinderprofil och nosdelen 26 har en motsvarande konkav cylinderprofil vid sin bakre ände, genom vilken den är lagrad på den stationära delens 27 cylinderprofil. Nosdelen 26 är vridbar i papperets plan kring punkten A. Genom olika vinkellägen hos nosdelen 26 i förhållande till den stationära delen 27 kan bladets asymmetriska profil ställas in. Inställningen görs medelst en (icke visad) mekanism under drift via de horisontella stagen 3. Därmed kan inställningsläget hos nosdelen 26 kontinuerligt anpassas till vad som är optimalt i varje punkt under bladets varav runt turbinaxeln.

10 15

Ett vindkraftverk enligt uppfinningen består av två eller flera aggregat av det ovan beskrivna slaget. I fig. 6 illustreras hur dessa sammankopplas för att leverera ström till ett elnät. I det visade exemplet består kraftverket av tre stycken aggregat symboliskt markerade med 20a-20c. Vardera aggregat är via en brytare eller kontaktor 21 och en likriktare 22 ansluten till en växelriktare 23, i en bipolär koppling enligt figuren. I figuren är kopplingsschema utritat endast för aggregatet 20a. Det torde förstås att övriga aggregat 20b, 20c är anslutna på motsvarande sätt. Växelriktaren 23 levererar trefasström till elnätet 25, eventuellt via en transformator 24 och/eller ett filter. Likriktarna kan vara dioder som kan vara styrda och av typen IGBT, GTO eller tyristor, innefatta bipolära komponenter eller ostyrda. Spänningarna på DC-sidan kan vara parallellkopplade, seriekopplade eller en kombination av båda delarna.

20 25 30

Alternativt kan man använda en helvågsl riktare av den typ som illustreras i fig10.

Den i fig. 1 illustrerade turbintypen har en s.k. H-rotor. En annan typ av vertikalaxlad vindturbin med vertikalt förlöpande blad är den s.k. Darrieus-rotorn. En sådan illustreras i fig. 7. Den största skillnaden är att de vertikala bladen är bågformigt krökta och vardera blads ändar är fästade vid turbinaxeln. Även vid en
5 sådan uppnås liknande fördelar vid användande av en högspänningslindad generator.

I fig. 8 illustreras ytterligare ett alternativt utföringsexempel av en vindturbin enligt uppfinningen. I detta fall är vardera turbinblad 102a, 102b fäst vid turbinaxelns 1 övre ände och förlöper nedåt längs en båglinje, som kan vara cirkulär,
10 parabelformad eller liknande. Nedre delen av vardera blad är medelst stag 103 förbundna med axeln 1. Denna typ av vindturbin kan ses som en hybrid mellan H-rotor och Darrieus-rotor och har fördelen gentemot den senare typen att utrymme ges för uppstagning med stag 7a, 7b.

I fig. 9 illustreras schematiskt ett havsbaserat vindkraftverk med ett flertal
15 vindkraftaggregat 20a, 20b, 20c sammankopplade. Vid vardera aggregats generator är en likriktare anordnad och via kablar 39 anordnade på havsbotten leds DC-strömmen till en station på land med en växelriktare 23 och ett filter 41, varifrån elenergin levereras till ett distributionsnät eller transmissionsnät.

20

25

30

PATENTKRAV

1. Vindkraftaggregat innefattande en vindturbin och en med vindturbinen för-
bunden elektrisk generator, vilken generators stator har en lindning innefattande
5 en högspänningskabel, vilken kabel innefattar en kärna av ledande material, ett
kärnan omslutande första skikt av halvledande material, ett det första skiktet
omslutande isolerande skikt av fast material, och ett det isolerande skiktet omslu-
tande andra skikt av halvledande material, **kännetecknat** av att vindturbinen är
försedd med ett flertal i huvudsak vertikalt förlöpande turbinblad förbundna med en
10 i huvudsak vertikalt förlöpande turbinaxel och av att generatorm är anordnad vid
turbinaxelns nedre del.
2. Vindkraftaggregat enligt patentkravet 1, **kännetecknat** av att generatorm
är anordnad att kunna vara i drift under lång tid med en effekt som är flera gånger
15 större än märkeffekten, företrädesvis 3-5 gånger märkeffekten.
3. Vindkraftaggregat enligt patentkravet 1 eller 2, **kännetecknat** av att lind-
ningen är anordnad för en fältstyrka överstigande 10 kV/mm.
- 20 4. Vindkraftaggregat enligt något av patentkraven 1-3, **kännetecknat** av att
vindturbinen är mekanisk dimensionerad för drift i vindstyrkor över 13m/s med
samma turbinbladsinställning som vid lägre vindstyrkor.
5. Vindkraftaggregat enligt patentkravet 4, **kännetecknat** av att vindturbinen
25 är mekaniskt dimensionerad för drift i vindstyrkor över 25 m/s.
6. Vindkraftaggregat enligt något av patentkraven 1-5, **kännetecknat** av att
generators rotor är försedd med permanentmagneter.
- 30 7. Vindkraftaggregat enligt något av patentkraven 1-6, **kännetecknat** av att
generatorm innefattar en självstartlindning.
8. Vindkraftaggregat enligt något av patentkraven 1-7, **kännetecknat** av att
generators huvudlindning är anordnad att medge startning av aggregatet.

9. Vindkraftaggregat enligt något av patentkraven 1-8, kännetecknat av att generatorns rotoraxel är i huvudsak vertikal och koncentrisk med turbinaxeln.
10. Vindkraftaggregat enligt patentkravet 9, kännetecknat av att aggregatet
5 innefattar ett fundament anordnat under generatoren, på vilket fundament generatorns rotor är lagrad i ett axiallager.
11. Vindkraftaggregat enligt patentkravet 10, kännetecknat av att axiallagret
10 är dimensionerat att uppbära såväl generatorrotorns tyngd som vindturbinens tyngd.
12. Vindkraftaggregat enligt något av patentkraven 1-11, kännetecknat av att vindturbinens tyngd i huvudsak uppbärs av turbinaxeln, vilken axel därmed även har funktionen att utgöra mast för aggregatet.
15
13. Vindkraftaggregat enligt något av patentkraven 1-12, kännetecknat av att turbinaxelns övre del är lagrad i minst ett radiallager som är fixerat i sidled av snedriktade stag och/eller staglinor.
- 20 14. Vindkraftaggregat enligt något av patentkraven 1-13, kännetecknat av att turbinaxeln är ledad vid sin nedre del.
15. Vindkraftaggregat enligt något av patentkraven 1-14, kännetecknat av att turbinbladen är i huvudsak rätlinjiga.
- 25 16. Vindkraftaggregat enligt något av patentkraven 1-14, kännetecknat av att vardera turbinblads båda ändar är belägna intill turbinaxeln och mellan sina ändar förlöper i en bågform.
- 30 17. Vindkraftaggregat enligt något av patentkraven 1-14, kännetecknat av att vardera turbinblads övre ände är belägen intill turbinaxelns övre ände och dess nedre ände är belägen på ett förhållandevis stort avstånd från turbinaxeln, vilket

avstånd företrädesvis är i intervallet 0,1-0,5 gånger turbinaxelns längd och att vardera turbinblad förlöper i en båge från sin övre till sin undre ände.

18. Vindkraftaggregat enligt något av patentkraven 1-17, kännetecknat av att
5 turbinbladen uppvisar asymmetrisk profil i ett tvärsnitt.

19. Vindkraftaggregat enligt något av patentkraven 1-18, kännetecknat av att turbinbladens profil i ett tvärsnitt är reglerbar under drift.

10 20. Vindkraftaggregat enligt något av patentkraven 1-19, kännetecknat av att det är utformat för placering till havs.

21. Vindkraftaggregat enligt något av patentkraven 1-19, kännetecknat av att det är utformat för placering på bergsformationer.

15

22. Vindkraftverk innefattande ett flertal vindkraftaggregat enligt något av patentkraven 1-21, kännetecknat av att vardera vindkraftaggregats statorlindning via en likriktare är ansluten till en växelriktare som är gemensam för ett flertal vindkraftaggregat, vilken växelriktare är anordnad att leverera energi till ett elnät.

20

23. Vindkraftverk enligt patentkravet 22, kännetecknat av att dess aggregat är utformade för placering till havs, att vardera likriktare är anordnad i anslutning till respektive aggregat och att växelriktaren är anordnad på land.

25 24. Vindkraftverk enligt patentkravet 23, kännetecknat av att vardera vindkraftaggregat är anslutet till växelriktaren via en på eller intill havs/sjö-botten anordnad ledning.

25. Användning av ett vindkraftaggregat enligt något av patentkraven 1-21 eller ett vindkraftverk enligt något av patentkraven 22-24 för att generera elektrisk energi.
30

26. Förfarande för att generera elektrisk energi vid vilket anordnas en vindturbin och en elektrisk generator förbundna med varandra och generatorns stator lindas med högspänningskabel, vilken kabel innefattar en kärna av ledande material, ett kärnan omslutande första skikt av halvledande material, ett det första skiktet
5 omslutande isolerande skikt av fast material och ett det isolerande skiktet omslutande andra skikt av halvledande material, kännetecknat av att vindturbinen förses med ett flertal i huvudsak vertikalt förlöpande turbinblad vilka förbinds med en turbinaxel som orienteras i huvudsak vertikalt och av att generatorm anordnas vid turbinaxelns nedre del.

10

27. Förfarande enligt patentkravet 26, kännetecknat av att förfarandet utövas under användning av ett vindkraftaggregat enligt något av patentkraven 1-21.

28. Förfarande enligt patentkravet 26 eller 27, kännetecknat av att vindturbinen bibehålles i aktiv drift även vid vindstryka över 13 m/s utan omställning av turbinbladen och utan att vindturbinen bromsas.
15

29. Förfarande enligt patentkravet 28, kännetecknat av att vindturbinen bibehålles i aktiv drift även vid vindstyrka över 25 m/s.

20

25

30

SAMMANDRAG

Uppfinningen hänför sig till ett vindkraftaggregat med en vindturbin och en med vindturbinen förbunden elektrisk generator. Generators stator har en lind-
5 ning som innefattar en högspänningskabel som innefattar en kärna av ledande material och ett kärnan omslutande första skikt av halvledande material. Ett isole-
rande skikt av fast material omsluter det första skiktet och det isolerande skiktet omsluts av ett andra skikt av halvledande material.

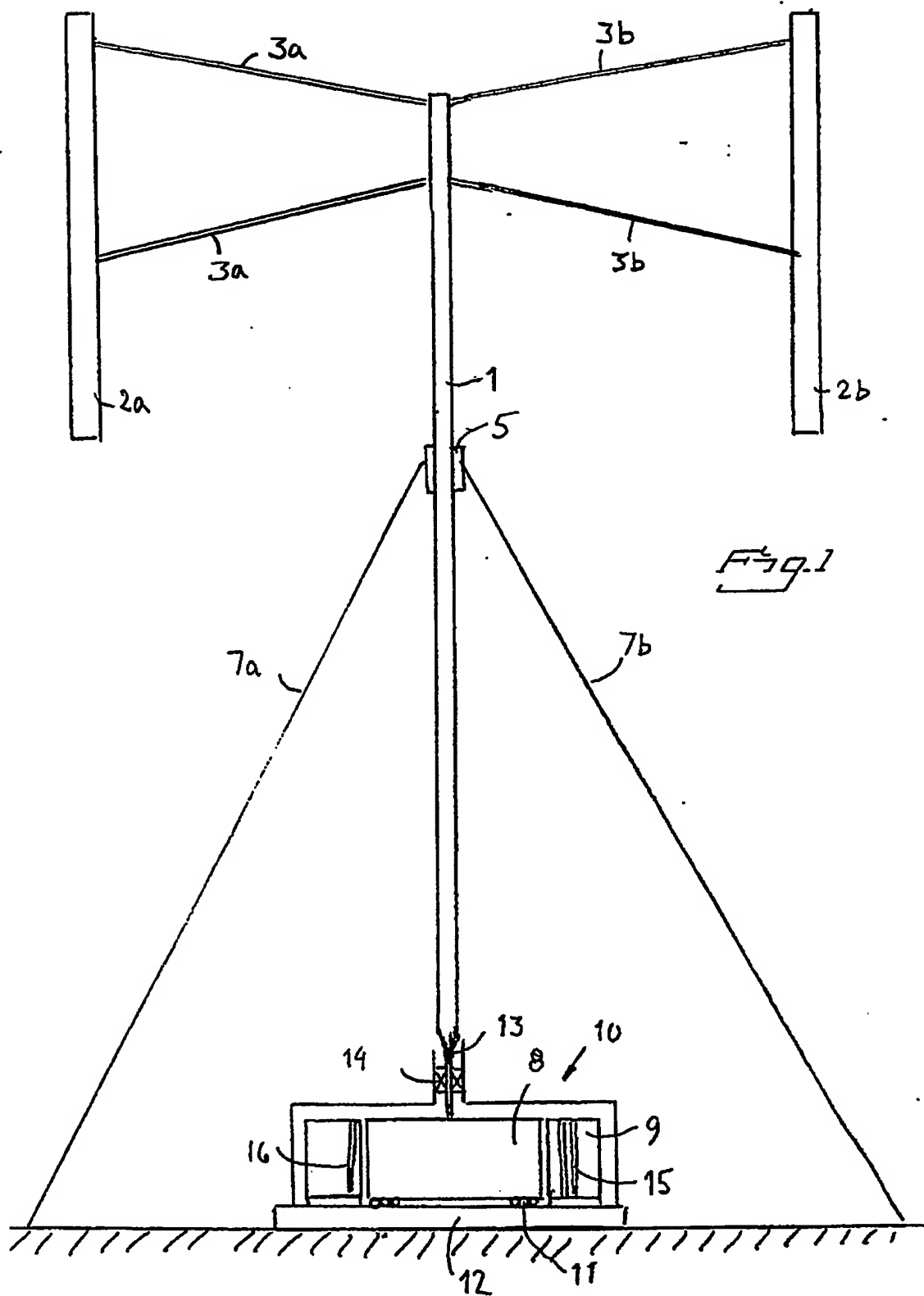
Enligt uppfinningen är vindturbinen försedd med ett flertal i huvudsak ver-
10 tikalt förlöpande turbinblad förbundna med en i huvudsak vertikalt förlöpande turbinaxel och generator är anordnad vid turbinaxelns nedre del.

Uppfinningen avser även ett vindkraftverk, användning av ett vindkraftaggregat samt ett förfarande för att generera elektrisk energi.

15 (fig. 1)

pplv02-0110

1/5



2/5

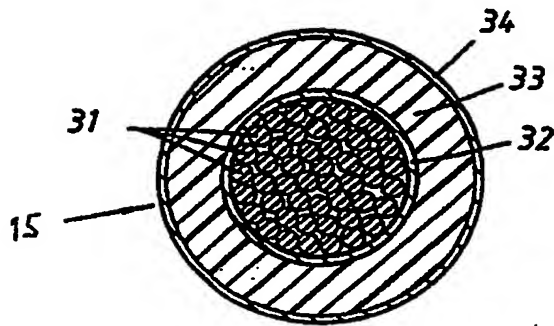


Fig. 2

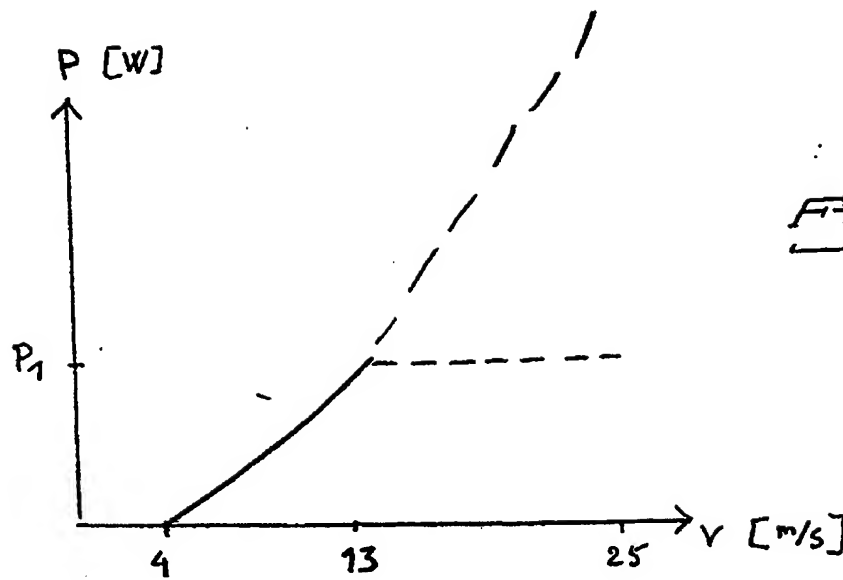


Fig. 3

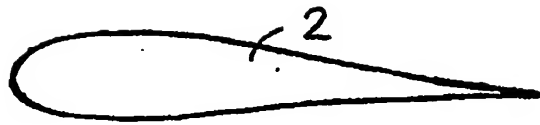
$\frac{3}{5}$ 

Fig. 4

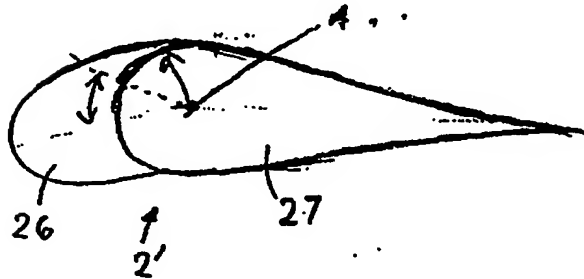


Fig. 5

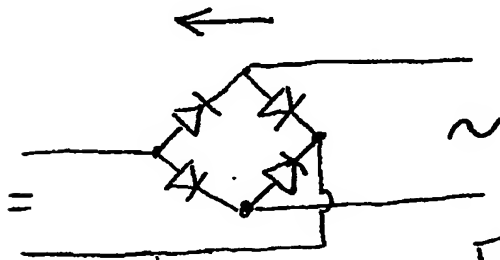


Fig 10

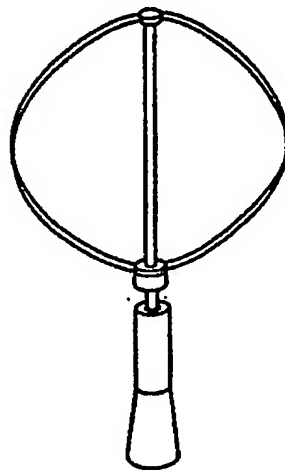
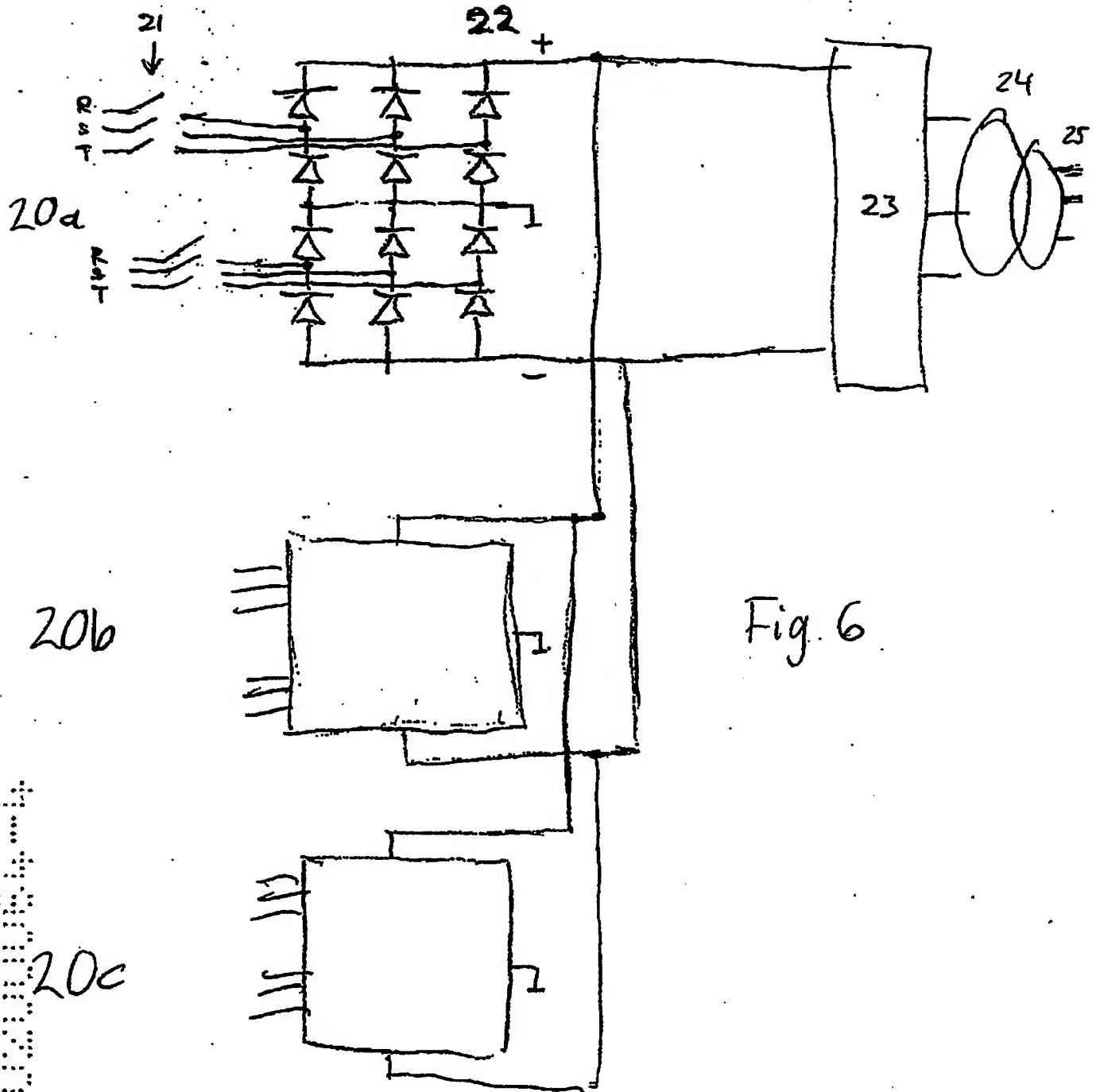


Fig. 7

4/5



5/5

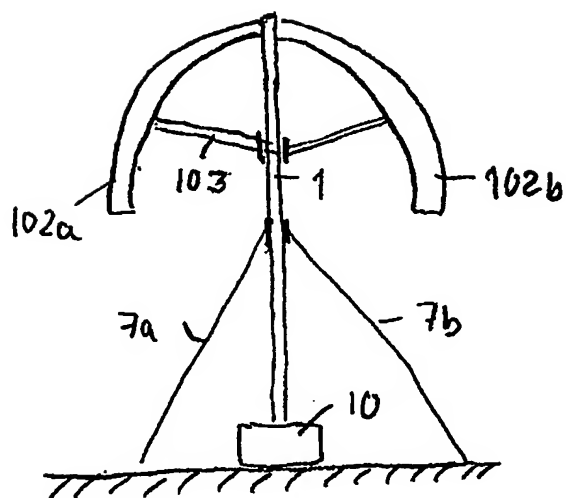


Fig 8

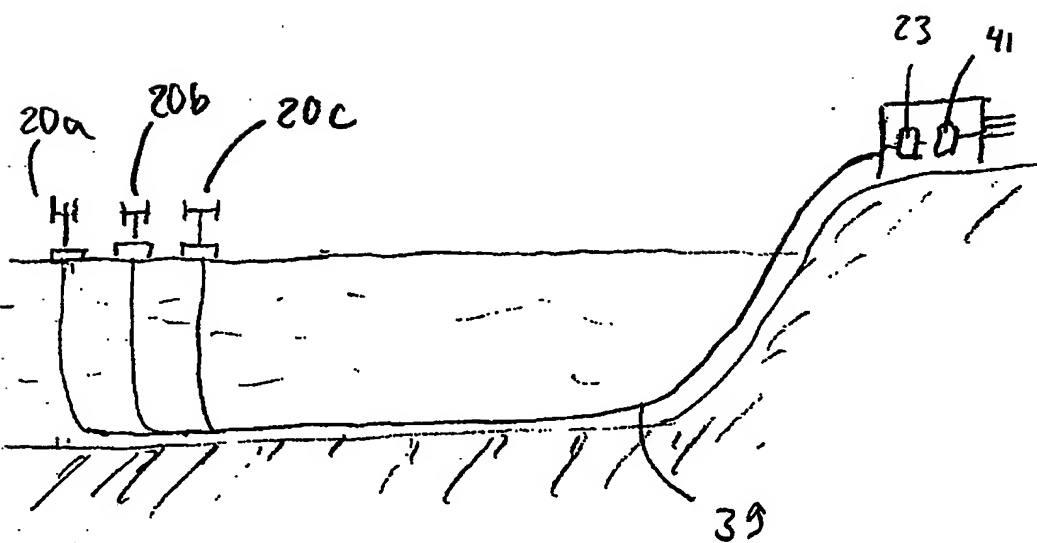


Fig 9

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.